



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1530161** **A1**

(51) 4 A 23 C 3/04, F 25 D 3/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

ВВЕЩАЮЩАЯ
ЧАСТЬ
Е. В. КОЗЛОВ

(21) 4370120/30-13

(22) 28.01.88

(45) 23.12.89. Бюл. № 47

(71) Всесоюзный научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт холодильной промышленности и Кировоградский институт сельскохозяйственного машиностроения

(72) В.Н. Корниенко, В.В. Клименко, И.Н. Машкова и Л.К. Казенинов

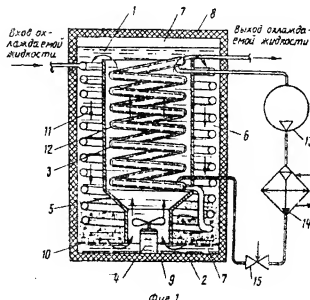
(53) 621.565(088.8)

(56) Гончарова Г.Ю., Медовар Л.Е. Анализ процессов в льдоаккумуляторах с децентрализованным хладоснабжением. - Холодильная техника, 1986, № 2, с. 16-21.

Авторское свидетельство СССР
№ 1317250, кл. F 25 D 3/00, 1985.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЖИДКОСТИ

(57) Изобретение относится к холодильной технике, а именно к устройствам для периодического охлаждения жидкости. Целью изобретения является снижение энергозатрат. Аккумулятор 2 заполняют аккумулялирующим веществом, способным образовывать гидраты. Для аккумуляции холода включают перемешивающее приспособление 4 и компрессор 13. Хладагент поступает в эвгеевиковый испаритель 3, размещенный внутри обечайки 5, где происходит теплообмен с аккумулялирующим веществом. Аккумулялирующее вещество под воздействием перемешивающего приспособления 4, двигаясь через зону секции 12 теплообмен-



Фиг. 1

(19) **SU** (11) **1530161** **A1**

ника 1, размещенную внутри испарителя 3, охлаждается за счет отвода тепла хладагентом и, переливаясь через край обечайки 5, поступает в зону секции 11 теплообменника 1. Образовавшиеся гидраты оседают на перфорированной перегородке 10. После заполнения зоны секции 11 гидратами в пос-

леднюю подают охлаждаемую жидкость. Происходит теплообмен между жидкостью и гидратами. Температура жидкости понижается. Дальнейшее охлаждение жидкости происходит в секции 12 теплообменника 1 за счет теплообмена между этой жидкостью и хладагентом в испарителе 3. 2 ил.

Изобретение относится к холодильной технике, а именно к устройствам для периодического охлаждения жидкост-

ти.

Целью изобретения является снижение энергозатрат устройства.

На фиг. 1 изображено устройство для охлаждения жидкости с нижним расположением перемешивающего приспособления, общий вид; на фиг. 2 — то же, с верхним расположением перемешивающего приспособления, общий вид.

Устройство содержит теплообменник 1, аккумулятор 2 холода, холодильную машину со змеевиковым испарителем 3. Аккумулятор 2 снабжен перемешивающим приспособлением 4, обечайкой 5, коаксиально установленной в аккумуляторе 2 с образованием кольцевого зазора 6 между их стенками и торцевых зазоров 7 между крышкой 8 и днищем 9, и перфорированной перегородкой 10 прикрепленной к стенке корпуса аккумулятора 2 и к одному из торцов обечайки 5. Внутри обечайки 5 размещен испаритель 3 холодильной машины. При этом теплообменник 1 состоит из двух секций 11 и 12, выполненных в виде змеевика, одна из которых (секция 11) расположена в кольцевом зазоре 6 между стенками аккумулятора 2 и обечайки 5, а другая (секция 12) внутри испарителя 3. Перфорированная перегородка 10 и перемешивающее приспособление 4 размещены в зоне соединения секций 11 и 12 теплообменника 1.

Холодильная машина устройства для охлаждения жидкости содержит компрессор 13, конденсатор 14, присоединенный через вентиль 15 к входу в змеевиковый испаритель 3.

В зависимости от свойств используемого аккумулялирующего вещества перемешивающее приспособление 4 может быть установлено или в верхней части

аккумулятора 2 (фиг. 1), или в его нижней части (фиг. 2).

Устройство работает следующим образом.

Аккумулятор 2 заполняют аккумулялирующим веществом, использующим скрытую теплоту фазовых превращений. В качестве таких веществ могут использоваться эвтектические и перэвтектические смеси, кристаллогидраты солей, гидраты различных жидкостей, т.е. материалы на основе фазового перехода кристаллизация-плавление. При определенных гидродинамических условиях кристаллы данных материалов в процессе аккумуляции холода могут образовываться в объеме, а не на теплообменной поверхности, как, например, лед. Например, для охлаждения молока могут быть использованы следующие вещества:

растворы солей $\text{LiClO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ($t_{\text{пл}} = -8,1^\circ\text{C}$; теплота плавления $\Delta H = 253 \text{ кДж/кг}$), $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}/\text{NaCl}/\text{NH}_4\text{Cl}$ ($t_{\text{пл}} = 13^\circ\text{C}$; $\Delta H = 180 \text{ кДж/кг}$); полуклаулаты: $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{N} \cdot \text{NCH}_2\text{O} \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ($t_{\text{пл}} = 12,5^\circ\text{C}$; $\Delta H = 184 \text{ кДж/кг}$), $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{N} \cdot \text{CO}_2 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ($t_{\text{пл}} = 15^\circ\text{C}$; $\Delta H = 209 \text{ кДж/кг}$);

гидраты хлорана II: $\text{CCl}_2\text{F} \cdot 17\text{H}_2\text{O}$ ($t_{\text{пл}} = 8,5^\circ\text{C}$; $\Delta H = 274 \text{ кДж/кг}$); хлорана 21: $\text{CHCl}_2\text{F} \cdot 17\text{H}_2\text{O}$ ($t_{\text{пл}} = 8,7^\circ\text{C}$; $\Delta H = 270 \text{ кДж/кг}$); хлористого этила: $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \cdot 17 \text{ H}_2\text{O}$ ($t_{\text{пл}} = 4,8^\circ\text{C}$; $\Delta H = 289 \text{ кДж/кг}$) и другие.

В период между поступлением охлаждаемой жидкости при отсутствии теплового нагружения на секции 11 и 12 теплообменника 1 производят аккумуляцию холода. Для этого включают компрессор 13. Хладагент из конденсатора 14 через регулирующийся вентиль 15 поступает в испаритель 3, где кипит при температуре, например, 1°C и, испаряясь, отсасывается компрессором 13. Одновременно с компрессором 13 включают

перемешивающее приспособление 4, например, турбинного типа.

Аккумулирующее вещество в расплавленном состоянии или его составные части, например вода и хладагент R 11, перемешиваются между собой и за счет аксиального движения вдоль оси аккумулятора 2, создаваемого перемешивающим приспособлением 4, образующаяся смесь поступает из нижней части аккумулятора 2 в зону секции 12, где охлаждается за счет отвода теплоты кипящим хладагентом, и далее, переливаясь через верхнюю часть обечайки 5, поступает в зону секции 11 теплообменника 1 (фиг. 1). Циркулирующая смесь воды и R 11 охлаждается на $2-4^{\circ}\text{C}$ ниже равновесной температуры гидратообразования, равной $8,5^{\circ}\text{C}$, благодаря эффективному теплообмену смеси с секцией 12 за счет турбулизации потока перемешивающим приспособлением 4. При этом R 11 и вода вступают в реакцию, образуя гидраты, с выделением скрытой теплоты гидратообразования, отводимой кипящим хладагентом, в испарителе 3. Гидратная суспензия (смесь воды, R 11 и гидратов), увлекаемая восходящим потоком, поступает в зону секции 11 теплообменника 1, при этом гидраты осаждаются на перфорированной перегородке 10, так как плотность гидратов R 11 (дисперсная фаза) больше плотности воды (дисперсная среда), а непрореагировавшая смесь R 11 и воды снова поступает в зону секции 12. Постепенно вся зона секции 11 заполняется гидратами.

В период поступления охлаждаемой жидкости, например молока, она подается по трубопроводу в секцию 11 теплообменника 1, контактирующую с образовавшимися гидратами. Так как температура поступившей жидкости составляет $30-35^{\circ}\text{C}$, а равновесная температура существования гидратов R 11 в аккумуляторе 2 $8,5^{\circ}\text{C}$, то происходит охлаждение жидкости, например, до температуры 15°C за счет отнимаемой от нее теплоты, идущей на плавление гидратов. Из секции 11 молоко с температурой 15°C поступает в секцию 12 теплообменника 1. При этом включают компрессор 13, который по трубопроводу отсасывает пары хладагента, кипящего при температуре, например, 1°C в испарителе 3. Поступающее в секцию 12 молоко охлаждается кипя-

щим хладагентом до необходимой конечной температуры, например 5°C и далее по трубопроводу подается на хранение или транспортировку.

При использовании аккумулялирующих веществ, в которых плотность дисперсной фазы, например гидратов хлористого этила, меньше плотности дисперсионной среды, например воды, используются устройства с перемешивающим приспособлением, размещенным в верхней части аккумулятора 2 (фиг. 2).

При зарядке аккумулятора 2 вода и хлористый этил перемешиваются перемешивающим приспособлением 4 и образовавшаяся смесь нагнетается из верхней части аккумулятора 2 в зону секции 12 теплообменника 1, где охлаждается кипящим в испарителе 3 хладагентом ниже равновесной температуры гидратообразования, равной $4,8^{\circ}\text{C}$. При этом образуются гидраты, которые поступают в зону секции 11 теплообменника 1 и накапливаются в верхней части аккумулятора 2 за счет разности плотностей гидратов и воды.

В период охлаждения жидкости перемешивающее приспособление 4 не работает или работает периодически с целью перемешивания плавящегося аккумулялирующего вещества в зоне секции 11 теплообменника 1.

При неравновесной подаче охлаждаемой жидкости в период минимального ее расхода производят одновременно аккумуляцию холода и охлаждение жидкости, при этом постоянно работают как компрессор 13, так и перемешивающее приспособление 4.

Разделение теплообменника 1 охлаждаемой жидкости на секции 11 и 12, конструкция испарителя 3 и секции 12, а также их компоновка в аккумуляторе 2 совместно с обечайкой 5 и перфорированной перегородкой 10 позволяют: отделить зону кристаллизации аккумулялирующего вещества от зоны плавления, что предотвращает возможность образования намороженного слоя аккумулялирующего вещества на испарителе 3 холодильной машины и, тем самым, увеличить его термическое сопротивление, колебания температуры кипения хладагента и снизить холодопроизводительность холодильной машины, что позволяет снизить энергозатраты; использовать испаритель 3 холодильной машины как для аккумуляции холо-

да, так и для непосредственного охлаждения жидкости при периодическом ее поступлении, что позволяет увеличить коэффициент рабочего времени холодильной машины до 70-80%, сократить установочную мощность холодильного оборудования и капитальны на 5-15%;

осуществить предварительное охлаждение в секции 11 при поступлении жидкости с высокой температурой в теплообменник 1, что повышает энергетический КПД охладителя на 30-40%.

Размещение теплообменника 1 для охлаждения жидкости непосредственно в аккумуляторе 2 холода позволяет:

уменьшить габаритные размеры устройства для охлаждения и тем самым капитальные затраты на теплоизоляцию на 5-15%;

сократить затраты электроэнергии на перекачку теплоносителя в период охлаждения жидкости и организовать эффективного теплообмена в аккумуляторе 2 в период зарядки на 10-30%.

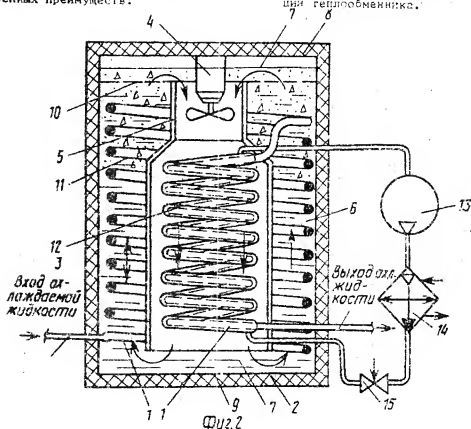
Использование в устройстве для охлаждения жидкости в качестве аккумулятора вещества гидратов различных жидкостей и газов дает ряд существенных преимуществ:

температуры плавления гидратов 230 - 420 КДж/кг;

скорость образования и плавления гидратов в 2-9 раз больше, чем у льда.

Ф о р м у л а из о б р е т е н и я

Устройство для охлаждения жидкости, включающее теплообменник, аккумулятор холода, холодильную машину со змеевиковым испарителем, отличающееся тем, что, с целью снижения энергозатрат, аккумулятор снабжен перемешивающим приспособлением, обечайкой, коаксиально установленной в аккумуляторе с образованием кольцевого зазора между их стенками и торцовых зазоров между крышкой и днищем аккумулятора, а также перфорированной перегородкой, прикрепленной к стенке корпуса аккумулятора и к одному из торцов обечайки, при этом испаритель холодильной машины размещен внутри обечайки, а теплообменник состоит из двух секций, выполненных в виде змеевика, одна из которых расположена в кольцевом зазоре, а другая внутри испарителя холодильной машины, при этом перфорированная перегородка и перемешивающее приспособление размещены в зоне соединения секций теплообменника.



(54) APPARATUS FOR COOLING OF LIQUID

(57) The invention relates to refrigerating equipment and, namely, to apparatuses for periodical cooling of liquid. It is an object of the invention to reduce consumption of energy. An accumulator 2 is filled up with an accumulating substance capable of forming hydrates. For accumulation of cold, a mixing device 4 and a compressor 13 are switched on. Refrigerant enters a coiled-pipe evaporator 3 arranged inside a shell 5 where heat exchange with the accumulating substance takes place. The accumulating substance, while moving through the zone of a section 12 of a heat exchanger 1 inside the evaporator 3, is cooled under the influence of the mixing device 4 due to heat removal by the refrigerant and, flowing over an edge of the shell 5, enters the zone of a section 11 of the heat exchanger 1. The hydrates thus formed precipitate on a perforated partition 10. After the zone of the section 11 gets filled up with hydrates, liquid to be cooled is fed thereto. Heat exchange takes place between the liquid and the hydrates. The temperature of liquid gets lower. Further cooling of liquid takes place in the section 12 of the heat exchanger 1 due to the heat exchange between this liquid and the refrigerant in the evaporator 3.

3 Figs.

The invention relates to refrigerating equipment and, namely, to apparatuses for periodical cooling of liquid.

It is an object of the invention to reduce consumption of energy.

Fig. 1 shows a general view of the apparatus for cooling of liquid with the lower location of a mixing device; and Fig. 2 shows a general view of the same, but with the upper location of a mixing device.

The apparatus comprises a heat exchanger 1, a cold accumulator 2, and a refrigerating machine with a coiled-pipe evaporator 3. The accumulator 2 is provided with a mixing device 4, a shell 5 coaxially mounted in the accumulator 2 so that an annular gap 6 is defined between their walls.

and end gaps are defined between a cover 8 and a bottom 9, and a perforated partition 10 attached to the wall of the housing of the accumulator 2 and to one of end faces of the shell 5. Inside the shell 5, there is arranged the evaporator 3 of the refrigerating machine. Along with this, the heat exchanger 1 consists of two sections 11 and 12 implemented in the form of a coiled pipe, one of which (the section 11) is disposed in the annular gap 6 between the walls of the accumulator 2 and the shell 5, and the other (the section 12), inside the evaporator 3. The perforated partition 10 and the mixing device 4 are arranged in the connecting zone the sections 11 and 12 of the heat exchanger 1.

The refrigerating machine of the apparatus for cooling of liquid comprises a compressor 13, and a condenser 14 attached through a valve 15 to an inlet into coiled-pipe evaporator 3.

Depending on the properties of an accumulating substance thus used, the mixing device 4 can be mounted either in the upper part of the accumulator 2 (Fig. 1) or in its lower part (Fig. 2).

The apparatus operates as follows

The accumulator is filled up with the accumulating substance using the latent heat of phase conversions. As such substances, use can be made of eutectic and over-eutectic mixtures, crystalline hydrates of salts, hydrates of various liquids, i.e. the materials based on crystallization-melting phase transition. Under definite hydrodynamic conditions, the crystals of these materials can form in the cold-accumulating process within a volume, rather than on a heat-exchange surface, such as ice. For example, for cooling of milk, use can be made of the following substances:

solutions of salts $\text{LiClO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ($t_{\text{melt}} = 8.1^\circ\text{C}$; melting heat $\Delta H = 253 \text{ kJ/kg}$), $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}/\text{NaCl}/\text{NH}_4\text{Cl}$ ($t_{\text{melt}} = 13^\circ\text{C}$; $\Delta H = 180 \text{ kJ/kg}$);

semi-clatrates: $(\text{C}_4\text{H}_9) \cdot \text{NCH}_2\text{O} \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ($t_{\text{melt}} = 12.5^\circ\text{C}$; $\Delta H = 184 \text{ kJ/kg}$), $(\text{C}_4\text{H}_9)\text{NCH}_3\text{CO}_2 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ($t_{\text{melt}} = 15^\circ\text{C}$; $\Delta H = 209 \text{ kJ/kg}$);

hydrates of chladone II: $\text{CCl}_3\text{F} \cdot 17\text{H}_2\text{O}$ ($t_{\text{melt}} = 8.5^\circ\text{C}$; $\Delta H = 274 \text{ kJ/kg}$); of chladone 21: $\text{CHCl}_3\text{F} \cdot 17\text{H}_2\text{O}$ ($t_{\text{melt}} = 8.7^\circ\text{C}$; $\Delta H = 270 \text{ kJ/kg}$); of ethyl chloride: $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \cdot 17\text{H}_2\text{O}$ ($t_{\text{melt}} = 4.8^\circ\text{C}$; $\Delta H = 289 \text{ kJ/kg}$), and others.

Accumulation of cold is carried out in the period between supplies of the liquid to be cooled while there is no heat load on the sections 11 and 12 of the heat exchanger 1. The compressor 13 is switched on in order to do this. The refrigerant flows out of the condenser 14 through the adjusting valve 15 into the evaporator 3 where it boils at the temperature of, for instance, 1°C and, when evaporated, is sucked off by the compressor 13. The mixing device 4, for instance, of turbine type is switched on simultaneously with the compressor 13.

The accumulating substance in molten condition or its components, for instance, water and chladone R 11, are mixed with each other, and due to the axial movement thereof along the axis of the accumulator 2 that is imparted thereto by the mixing device 4, the resulting mixture comes from the lower part of the accumulator 2 to the zone of the section 12 where it is cooled owing to removal of heat by the boiling refrigerant and then, while overflowing the upper part of the shell 5, enters the zone of the section 11 of the heat exchanger 1 (Fig. 1). The circulating mixture of water and R 11 is cooled down to as low as 2 to 4°C below the equilibrium temperature of hydrate formation that is equal to 8.5°C , thanks to efficient heat exchange of the mixture with the section 12 due to turbulization of the flow by the mixing device 4. In doing so, R 11 and water enter into a reaction to form hydrates while giving off the latent heat of hydrate formation in the evaporator 3. The hydrate suspension (mixture of water, R 11 and hydrates) entrained by an ascending current enters the zone of the section 11 of the heat exchanger 1 and, in doing so, the hydrates precipitate on a perforated partition 10, since the density of hydrates R 11 (a dispersed phase) is greater than the density of water (a disperse medium), whereas the non-reacted mixture of R 11 and water enters again the zone of the section 12. Gradually, the entire zone of the section 11 gets filled up with hydrates.

Within the period when the liquid to be cooled, such as, milk comes in, it is supplied via a pipeline into the section 11 of the heat exchanger 1 in contact with the hydrates thus formed. Since the temperature of the coming liquid is 30 to 35°C , whereas the equilibrium temperature at which the hydrates R 11 exist in the accumulator 2 is 8.5°C , cooling of the liquid, for instance, down to a

temperature of 15°C takes place due to the heat taken away therefrom and used to melt the hydrates. From the section 11, the milk having a temperature of 15°C comes to the section 12 of the heat exchanger 1. And, the compressor 13 is switched on to suck off the vapors of refrigerant boiling at a temperature, for instance, of 1°C in the evaporator 3. The milk entering the section 12 is cooled by the boiling refrigerant down to the required final temperature, for instance, 5°C and is then fed via the pipeline for storage or transportation.

When the accumulating substances are used in which the density of the dispersed phase, for instance, hydrates of ethyl chloride, is smaller than the density of the disperse medium, for instance, water, use is made of the apparatus with the mixing device located in the upper part of the accumulator 2 (Fig. 2).

When the accumulator 2 is charged, water and ethyl chloride are mixed by the mixing device 4, and the resulting mixture is pumped from the upper part of accumulator 2 into the zone 12 of the heat exchanger 1 where it is cooled by the refrigerant boiling in the evaporator 3 down to below the equilibrium temperature of hydrate formation that is equal to 4.8°C . In doing so, hydrates are formed which enter the zone of the section 11 of the heat exchanger 1 and accumulate in the upper part of the accumulator 2 due to the difference in the densities of hydrates and water.

During the period of cooling the liquid, the mixing device 4 does not operate or operates periodically in order to mix the melting accumulating substance in the zone of the section 11 of the heat exchanger 1.

When the liquid to be cooled is supplied irregularly in the period of minimum consumption thereof, cold accumulation and cooling of the liquid are carried out simultaneously and, in doing so, both the compressor 13 and the mixing device 4 operate simultaneously.

Separation of the heat exchange 1 for the liquid to be cooled into sections 11 and 12, the design of both the evaporator 3 and the section 12 as well as their arrangement in the accumulator 2 together with both the shell 5 and the perforated partition 10 allow:

to separate the crystallization zone of the accumulating substance from the melting zone, hence preventing the possibility of forming a frozen layer of the accumulating substance on the evaporator 3 of the refrigerating machine, and to increase thereby its thermal resistance and boiling temperature variations for the refrigerant as well as to reduce the refrigerating capacity of the refrigerating machine, hence reducing the consumption of energy;

to use the evaporator 3 of the refrigerating machine both for cold accumulation and for direct cooling of the liquid when it comes periodically, hence increasing the operating time coefficient of the refrigerating machine up to 70-80%, and to reduce the installed power of the refrigerating equipment and also the capital investments by as much as 5 to 15%; and

to carry out preliminary cooling in the section 11 as the high-temperature liquid enters the heat exchanger 1, hence improving the power efficiency of the cooler by as much as 30 to 40%.

Location of the heat exchanger 1 for cooling the liquid directly in the cold accumulator 2 allows:

to reduce the overall dimensions of the cooling apparatus and thereby the capital investments for heat insulation by as much as 5 to 15%; and

to reduce the energy consumption both for pumping over the heat-transfer medium in the period of cooling the liquid and for arrangement of efficient heat exchange and mass transfer in the accumulator 2 in the period of charging by as much as 10 to 30%.

The use of various liquids and gases as the accumulating substance in the apparatus for cooling a liquid provides a number of substantial advantages:

the melting heat of hydrates being within the range of 230 to 420 kJ/kg; and

the rates of forming and melting of hydrates being 2 to 9 times higher those of ice.

Claim

An apparatus for cooling a liquid, comprising: a heat exchanger, a cold accumulator and a refrigerating machine a coiled-pipe evaporator, characterized in that, in order to reduce

consumption of energy, the accumulator is provided with a mixing device, a shell coaxially mounted in the accumulator so that an annular gap is defined between their walls, and end gaps are defined between a cover and a bottom, and also a perforated partition attached to the wall of the housing of the accumulator and to one of end faces of the shell, wherein the evaporator of the refrigerating machine is arranged inside the shell, whereas the heat exchanger consists of two sections implemented in the form of a coiled pipe, one of which is disposed in the annular gap, and the other, inside the evaporator of the refrigerating machine, and wherein the perforated partition and the mixing device are arranged in the connecting zone the sections of the heat exchanger.